

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 11 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03813

研究課題名(和文) 平面衝撃波 等方性乱流干渉の可視化実測および統計量データの活用

研究課題名(英文) Visualization measurement of plane shock wave - isotropic turbulence interaction and utilization of its statistical data

研究代表者

佐宗 章弘 (Sasoh, Akihiro)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：40215752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円

研究成果の概要(和文)：独自開発した「対向衝撃波管」を用いて、衝撃波 乱流の状態を独立に変化させた干渉実験を実施した。衝撃波マッハ数、乱流マッハ数、干渉距離を独立に変化させた干渉実験を行った結果、衝撃波面の変形に対して、干渉距離が大きく影響することが示され、従来の定常状態を扱う概念から、非定常性を導入することの重要性を示すことができた。比較的衝撃波マッハ数が低く、乱入マッハ数が高い場合、干渉距離が積分スケールの10倍程度以上になると、シュリーレン画像において衝撃波面が消失することが示された。この事実は、リーマン問題をベースとしたモデルによって良く説明できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の航空宇宙工学における空気力学では、航空機の空力係数(抗力、揚力などの空気力と主流流れを関係付ける係数)に象徴されるように、ほとんどが上流に擾乱がなく一様な定常流れ(以下「平均流」)を対象としてきた。これに対して、衝撃波-乱流干渉では、現象が本質的に非定常で、その過程を捉えなければ流れの本質をつかむことができない。本研究によって衝撃波面の挙動が非定常性に支配され、乱流領域との干渉距離が大きく影響を及ぼすことが定量的に明らかになり、ソニックブームの基準策定等に対しても、重要な知見となった。

研究成果の概要(英文)：Interaction experiments were conducted in which the condition of the interacting states were independently changed using the originally developed "Counter-Driver Shock Tube". As a result of conducting the interaction experiments in which the shock wave Mach number, the turbulent flow Mach number, and the interaction distance were independently changed, it was shown that the interaction distance had a great influence on the deformation of the shock wave front, and the conventional concept of dealing with a steady state was found insufficient to describe the observed phenomena. From the experimental results, we were able to show the importance of introducing non-stationarity. It was shown that when the shock wave Mach number was relatively low and the turbulent Mach number was high, the shock wave front disappeared in the Schlieren image when the interaction distance was about 10 times or more of the integral scale. This fact was well explained by a model based on the Riemann problem.

研究分野：圧縮性流体力学

キーワード：衝撃波 乱流 衝撃波管 圧力場 光学可視化計測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

航空機利用がグローバルに急拡大するなか、その需要も多様化し、小さくない割合に達している富裕層、先進企業を中心に超音速旅客機再来の需要も高まっている。コンコルドが商業運航した2000年代初頭まではアメリカ連邦航空局 (FAA) の国家戦略的な方策もあり、超音速飛行がもたらす衝撃波に起因する地上騒音、いわゆる「ソニックブーム」が問題となり、同機は海上のみでしか超音速飛行が許可されなかった。この規制は現在でも有効であるが、そのような海の上でしか速く飛べない乗り物は、商業的価値が低く、また最短距離を飛行できないために技術レベルで可能なコスト以上の割高となる。これを解決するには、居住区上空を超音速飛行しても住民から苦情の出ない、すなわちソニックブームが感じられないような超音速航空機を開発する必要がある。これに関連して、実用上問題になるのは、ソニックブームの大きさが大気乱流の状態に大きな影響を受けることである。1960年代にNASAによって実施された実機飛行実験の結果によると、超音速飛行によって地上で計測された大気圧からの過剰圧 (以降単に「過剰圧」) のピーク値、実効時間微分値は、大気乱流の影響を受けることによってアンサンブル平均値変化の数倍程度以上のばらつきをもたらすことが示された (Edward, NASA SP-147 (1967))。航空機の基本設計は、まず前方 (航空機に搭乗した視点では上流) に乱れがない一様状態に対する性能を基準としている。ソニックブーム評価についても、静止大気に対して機体形状設計を最適化しても、大気乱流の影響の方が圧倒的に大きいということになってしまう。ところが、「衝撃波が乱流中を伝播すると、衝撃波面や背後の圧力場がどのように変化するのか？」という基本的な問いに対して、学術的にも未だ限定的な答えしか得られていない。

Stanford 大学乱流研究所の Lele らのグループは数値シミュレーション結果を示し (例: Larsson, J. et al., J. Fluid Mech.:717, 293-321 (2013)) 衝撃波面の崩壊 (broken shock wave) 条件などを提示している。しかし、それは実験では再現できない境界条件を用いて得られた結果であり、現実にもどのような結果になるのか保証されておらず、妥当性に疑義が残る。このような問題に対して明快な解を得るためには、実験で現象を観測・診断することが最良の手段である。これまで、応募者らのグループも含めて、衝撃波 乱流干渉に関する実験研究がなされてきた。風洞や開放空間での実験 (例:Lipkens, B. et al., J. Acoust. Soc. Am. 103:148-158 (1998) / Kim, J.-H. et al., Shock Waves 20:339-345 (2010) / Sasoh, A. et al., Shock Waves, 24:489-500 (2014)) では、高圧ガス、火薬、レーザーパルスでプラスト波 (爆風) 状の衝撃波を発生させ乱流と干渉させたが、伝播するにつれて衝撃波の強さ (背後の過剰圧力値) が低くなってしまったため、乱流の影響によって伝播距離が増すにつれてどのようになるかという問いには答えることができなかった。もう一つのアプローチとして、City College of New York の Andreopoulos らのグループは、衝撃波管内に格子を設置して、入射衝撃波の背後に格子乱流を生成し、管端から返ってきた反射衝撃波と干渉させることによって平面衝撃波と等方性乱流の干渉実験を行った (Agui, J. H. et al. J. Fluid Mech. 524:143-195 (2005))。しかしこの方法では、乱流強度および反射衝撃波マッハ数がともに入射衝撃波マッハ数のユニークな関数となるため、干渉させる条件を独立に変えることができなかった (ただし、反射壁を多孔質体として反射衝撃波を弱める工夫もなされたが、条件設定の自由度は極めて限定的だった)。すなわち、これまで平面衝撃波と一様等方性乱流の干渉を実験でパラメトリックに調べた例はなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、平面衝撃波が一様等方性乱流中を伝播するときの、伝播距離に応じた衝撃波面の変化を、実験によって体系的に明らかにすることを目的とする。

本研究の最大の独自性は、その実験方法にある。実験方法として、自ら考案・開発した対向衝撃波管を機能拡充して活用する。これは、プラスト波と異なり、衝撃波管内では平面衝撃波を発生させることができ、原理上传播距離に応じて減衰しない。この装置は、両端に高圧駆動部を配し、一端から平面衝撃波を、他端から対向流れを発生させることができる。衝撃波の条件と対向流れの条件を独立に設定することが可能であり、さらに相対的な起動タイミングを電気信号によって制御することによって、試験部で観測診断する衝撃波の干渉距離も可変にできる。

従来の航空宇宙工学における空気力学では、航空機の空力係数 (抗力、揚力などの空力と主流流れを関係付ける係数) に象徴されるように、ほとんどが上流に擾乱がなく一様な定常流れ (以下「平均流」) を対象としてきた。これに対して、衝撃波 - 乱流干渉では、流れが本質的に非定常で、その過程を捉えなければ流れの本質を掴むことができず、衝撃波波面の挙動もそれを大いに反映したものになるはずである。これは、ソニックブームの基準策定に対しても、重要な知見となる。

### 3. 研究の方法

本研究では、独自開発した対向衝撃波管を機能拡充し、それを活用して実験データを取得し、解析することを主眼とする。対向衝撃波管の作動ダイアグラム例を図1に示す。左側の駆動気体との隔膜を破断することによって、入射衝撃波 (左) が右向きに伝播し、その背後に右向きの流速が誘起される。その流れが格子を通過することによって、格子乱流が発生する。一方、右側の

駆動気体との隔膜を破断することによって、入射衝撃波（右）が左向きに伝播する。双方の入射衝撃波が衝突すると、左右に透過（見方によっては反射）衝撃波が伝播する。右向きの格子乱流と左向きの右透過衝撃波の干渉を、可視化計測部で診断計測する。なお、隔膜破断は空圧アクチュエーターで駆動された撃針（以下「隔膜破断装置」）によって行い。その動作タイミングは、電気信号によって制御される。

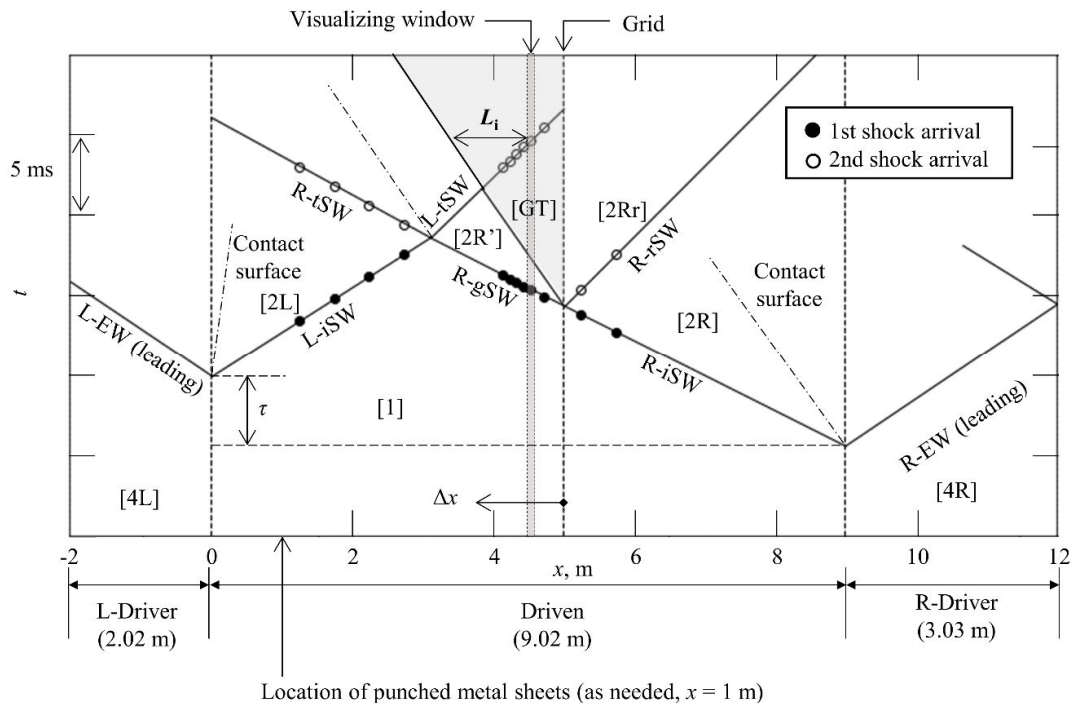


図 1 対向衝撃波管作動の波動線図例

研究は下記のように進めた。

(1) 対向衝撃波管の拡充整備

既設の対向衝撃波管（120mm×120mm 断面、全長 10m）は、研究予算、設置場所の制約から十分な長さを有していなかった。衝撃波への遷移距離が十分確保でき、境界層の影響が小さい実験が可能な衝撃波管長さは、断面の代表長さの 80 倍程度とされている。当該装置は、単一駆動部による作動ではこの条件をほぼ満たしているものの、対向駆動作動では長さが不十分であった。そこで、装置設置場所を移して全長を 1.4 倍に延長してこの不足を解消した。併せて、以下の改良・拡充を行った。隔膜破断装置を改良し、駆動装置とその配管が衝撃波管断面に曝されないように改良し、圧力損失を小さくした。試験部の可視化窓を大型の BK7 製として、可視化解像度を高めた。

(2) 一様等方性乱流による衝撃波変調実験（単発現象の解析）

衝撃波マッハ数、乱流場の干渉前圧力、乱流マッハ数、干渉距離をパラメトリックに変化させた実験を行う。大きな目標の一つに、broken shock wave の実証を掲げ、衝撃波面の一部が破綻し、波面投影像が消失することを実証する。

(3) 研究とりまとめ

成果をとりまとめ、学術雑誌にて論文発表する。

4. 研究成果

(1) 対向衝撃波管の拡充整備： 既設の対向衝撃波管（120mm×120mm 断面、全長 10m）は、研究予算、設置場所の制約から十分な長さを有していなかった。衝撃波への遷移距離が十分確保でき、境界層の影響が小さい実験が可能な衝撃波管長さは、断面の代表長さの 80 倍程度とされている。当該装置は、単一駆動部による作動ではこの条件をほぼ満たしているものの、対向駆動作動では長さが不十分であった。そこで装置設置場所を移して全長を 4m(全長で約 1.4 倍)に延長してこの不足を解消した。

(2) 衝撃波面 3 次元可視化法の開発：当初の計画におけるステレオシャドウグラフ法では、衝撃波の 3 次元可視化能力に大きな制約がある。そこで、平行光を用いた Background Oriented Schlieren 法新たに開発した。この方法は、密度変化が起きている場所を特定できるという新しい機能を有している。

(3) 一様等方性乱流による衝撃波変調実験：衝撃波マッハ数、乱流場の干渉前圧力、乱流マッハ数、衝撃波伝播距離等をパラメトリックに変化させた実験を行った。まずは、拡張された対向衝撃波管作動時における衝撃波マッハ数。試験部における境界層の特性を取得し、パラメトリック実験の基礎データを得た。

(4) 対向衝撃波管作動にとって重要な隔膜破断挙動について、可視化・圧力変化測定実験(図 2)

と運動解析を行った。セロファン隔膜を用いると、中央の撃針作用部を中心に花弁状に隔膜が破断すること、またその際に進展する亀裂の伝播速度は圧力差に関わらずほぼ一定であるが、破断する花弁状破片の枚数は、圧力差の増加関数であることが示された。また、花弁状の隔膜破片の運動解析と衝撃波管作動時の圧力変化を調べた結果、圧縮波が衝撃波に遷移するまでに影響を及ぼす過程は、隔膜破断の初期（投影開口率約 20%）のみであることが示された。

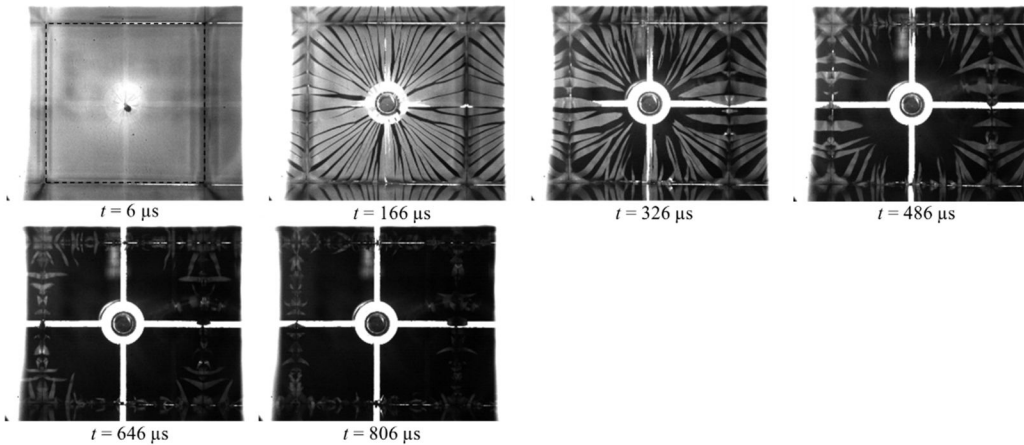


図 2 衝撃波管隔膜破断後の挙動( 高压室初期圧=140.6 kPa、低压側圧力=100.6kPa(大気開放) )

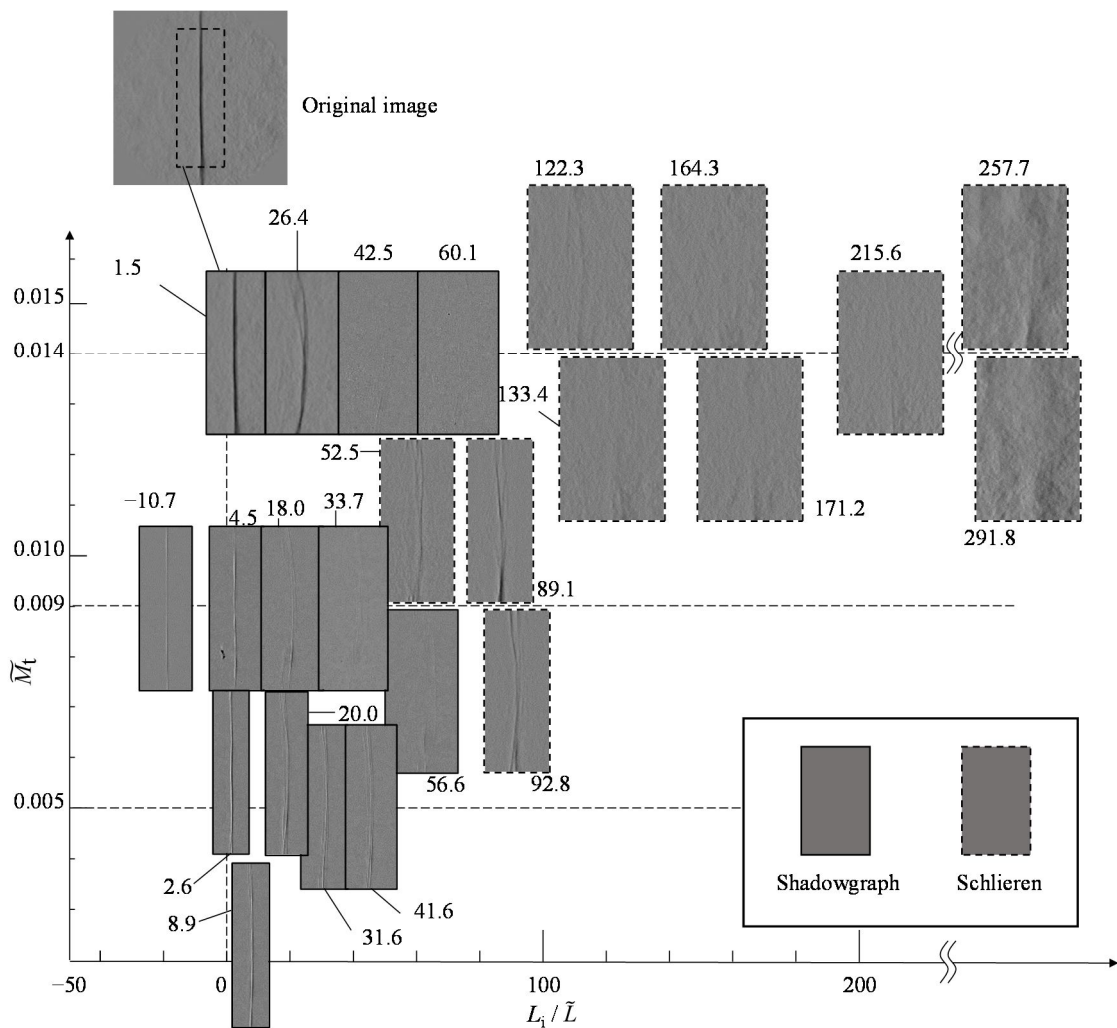


図 3 乱流と干渉したあとの衝撃波面のシュリーレン画像、衝撃波マッハ数=1.01

(5) 衝撃波マッハ数、乱流マッハ数、干渉距離を独立に変化させた干渉実験を行った結果、衝撃波面の変形に対して、干渉距離が大きく影響することが示され、従来の定常状態を扱う概念から、非定常性を導入することの重要性を示すことができた。比較的衝撃波マッハ数が低く、乱入マッ

八数が高い場合、干渉距離が積分スケールの 10 倍程度以上になると、シュリーレン画像において衝撃波面が消失することが示された（図 3）。

(6)(5)の事実を理論的に裏付けるために、衝撃波と前方速度場の干渉をリーマン問題として捉え、その複数回の干渉によって衝撃波面が局所的に消失することをモデル化した結果、その程度の干渉距離を経ると波面全体に渡って衝撃波面が消失する条件を満たしていることが示された。このように、実験結果に裏付けられた衝撃波消失条件を提示することは、世界的にも初の成果であり、今後のソニックブーム緩和への応用にも極めて重要な知見となった。

本研究では、独自に考案開発した「対向衝撃波管」を駆使して、衝撃波 乱流干渉に関する実験法の確立と物理変数の影響について、まとまった結果を得ることができた。これは、ソニックブームに対する大気乱流の影響を解析するときの有効な参照対象になると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kento Tanaka, Tomoaki Watanabe, Koji Nagata, Akihiro Sasoh, Yasuhiko Sakai, and Toshiyuki HAYASE	4. 巻 30
2. 論文標題 Amplification and attenuation of shock wave strength caused by homogeneous isotropic turbulence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 035105(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5019867	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Daisuke Ichihara, and Akihiro Sasoh	4. 巻 35
2. 論文標題 Similar Thrust Performance in Diverging-Magnetic-Field Electrostatic Thruster with Monoatomic Propellants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 236-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B37294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takahiro Tamba, Gaku Fukushima, Masaya Kayumi, Akira Iwakawa and Akihiro Sasoh	4. 巻 4
2. 論文標題 Experimental investigation of the interaction of a weak planar shock with grid turbulence in a counter-driver shock tube	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 073401(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.073401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Manabu Myokan, Akiya Kubota, Akira Iwakawa and Akihiro Sasoh	4. 巻 58
2. 論文標題 Repetitive Energy Deposition at a Supersonic Intake in Subcritical and Buzz Modes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIAA Journal	6. 最初と最後の頁 107-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.J058519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A. Russell, M. Myokan, H. Bottini, A. Sasoh, H. Zare-Behtash and K. Kontis	4. 巻 9
2. 論文標題 Application of laser energy deposition to improve performance for high speed intakes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Propulsion and Power Research	6. 最初と最後の頁 15-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jprr.2019.11.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gaku Fukushima, Takahiro Tamba, Akira Iwakawa, Akihiro Sasoh	4. 巻 30
2. 論文標題 Influence of cellophane diaphragm rupture processes on the shock wave formation in a shock tube	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Shock Waves	6. 最初と最後の頁 545-557
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00193-020-00951-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daisuke KUWABARA, Hirokatsu KAWASAKI, Akira IWAKAWA, Akihiro SASOH, Tetsuya YAMASHITA and Koji TAGUCHI	4. 巻 7
2. 論文標題 In-tube shock wave compression by piston effect of unsteady jet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.19-00534	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yusuke KATAGIRI, Daisuke ICHIHARA, Hisashi TSURUTA, and Akihiro SASOH	4. 巻 63
2. 論文標題 Boundary Effect on the Laser-ablation Impulse Characteristics of a Flat-Head Cylinder	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci	6. 最初と最後の頁 109-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tjsass.63.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yusuke NAKAMURA, Takumi SUZUKI, Kiyoshi KINEFUCHI, Akihiro SASOH	4. 巻 62
2. 論文標題 Speckle-beam oriented schlieren technique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00348-020-03113-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Akihiro Sasoh
2. 発表標題 Shock-Thermal Bubble Interaction - Fundamental Physics and Its Applications
3. 学会等名 Annual symposium of The State Key Laboratory of High Temperature Gas Dynamics (LHD) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Poosarla Vineet, 片桐佑介, 佐宗章弘
2. 発表標題 パルスレーザーアブレーション力積ビーム入射方向特性
3. 学会等名 第55回日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松葉 稔弘, 加藤 匠, 市原 大輔, 岩川 輝, 佐宗 章弘, 中西幸弘
2. 発表標題 発散磁場静電加速スラスタ (DM-EST) におけるプラズマ加速機
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 明官学, Wu Yen Lin, 久保田祥矢, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エネルギー付加による超音速インテイク性能の向上
3. 学会等名 第55回日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Sasoh, Takahiro Tamba, Gaku Fukushima
2. 発表標題 Visualization of shock wave-grid turbulence interaction in the counter-driver shock tube
3. 学会等名 71st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福嶋岳, 丹波高裕, 小川真吾, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 平面衝撃波－格子乱流干渉における衝撃波面変形挙動
3. 学会等名 第16回日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福嶋岳
2. 発表標題 格子乱流干渉による平面衝撃波面の変形
3. 学会等名 航空宇宙流体科学サマースクール2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐宗 章弘,丹波 高裕,福嶋 岳,岩川 輝
2. 発表標題 格子乱流内伝播に伴う平面衝撃波面の変形・トポロジー変化
3. 学会等名 日本流体力学会年会2018及び50周年記念シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐宗 章弘
2. 発表標題 Backward detonationを利用した長試験時間衝撃風洞：HyperDRAGONの紹介
3. 学会等名 第13回デトネーション研究会若手夏の学校
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Sasoh
2. 発表標題 Behavior of planar shock wave propagating through grid turbulence
3. 学会等名 23rd International Shock Interaction Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福嶋岳,丹波高裕,岩川輝,佐宗章弘
2. 発表標題 衝撃波管の隔膜破断過程が衝撃波形成に及ぼす影響
3. 学会等名 第50回流体力学講演会/第36回航空宇宙数値シュミレーション技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 明官学, Wu Yen Lin, Bottini Henny, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エネルギー付加が超音速インテイク内部流れに与える影響
3. 学会等名 第50回流体力学講演会/第36回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Sasoh, Manabu Myokan, Henny Bottini, Akira Iwakawa
2. 発表標題 Mechanisms of Pressure Loss Recovery by Repetitive Energy Deposition in Supersonic Intake Model
3. 学会等名 AIAA Aviation and Aeronautics Forum and Exposition 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Sasoh, Manabu Myokan, Akiya Kubota, Kazuhiro Maeda, Yen-Lin Wu
2. 発表標題 Impacts of Repetitive Laser Pulse Energy Deposition on Supersonic Intakes
3. 学会等名 2019 AIAA Aviation and Aeronautics Forum and Exposition (AIAA AVIATION 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiro Sasoh
2. 発表標題 Shock Wave Moderation by Characterized Disturbances
3. 学会等名 32nd International Symposium on Shock Waves (ISSW32) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松葉稔弘, 肥後歩, 市原大輔, 岩川輝, 佐宗章弘, 中西幸弘
2. 発表標題 発散磁場静電加速スラスタ (DM-EST) の推力性能および内部診断
3. 学会等名 平成30年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下雄輝, 藤原弘貴, 鈴木拓実, 市原大輔, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 減速度を変化させた超音速自由飛行実験
3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田祥矢, Wu Yen Lin, 明官学, 前田和宏, 市原大輔, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エネルギー付加を伴う衝撃波-境界層干渉に対する電場印加の効果
3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 明官学, 久保田祥矢, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 垂直衝撃波とサーマルバブルにより生成された渦輪列の干渉実験
3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 明官学,久保田祥矢,岩川輝,佐宗章弘
2. 発表標題 超音速インテイクに対するエネルギー付加の効果
3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木拓実, 藤原弘貴, 山下雄輝, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エアロバリスティックレンジを用いた編隊飛行実験及び減速度依存性の調査
3. 学会等名 第51回流体力学講演会 / 第37回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田祥矢, Wu Yen-Lin, 明官学, 前田和宏, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 Effects of Applied Electric Field on Shock Wave-Boundary Layer Interaction with Repetitive Energy Deposition
3. 学会等名 32nd ISTS & 9th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田祥矢, Wu Yen-Lin, 明官学, 前田和宏, 市原大輔, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エネルギー付加を伴う超音速流れに対する電場印加の効果
3. 学会等名 第51回流体力学講演会 / 第37回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田祥矢, 明官学, 前田和宏, 市原大輔, 岩川輝, 佐宗章弘
2. 発表標題 エネルギー付加による超音速ディフューザーの性能向上
3. 学会等名 第57回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 真吾, 福嶋 岳, Jiaxi Wei, 中村 友祐, 佐宗 章弘
2. 発表標題 衝撃波管を用いた衝撃波減衰リーマン解の実証
3. 学会等名 第57回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田祥矢, 浅井宏樹, 前田和宏, 市原大輔, 杵淵紀世志, 佐宗章弘
2. 発表標題 レーザーエネルギー付加を伴う超音速流に対する電場印加の影響
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木拓実、市原大輔、佐宗章弘
2. 発表標題 平行光BOS法による超音速流れの密度場計測
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川真吾, 福島岳, Jiaxi Wei, 中村友祐, 佐宗章弘
2. 発表標題 速度場作用による衝撃波減衰
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅井宏樹、久保田祥矢、明官学、市原大輔、佐宗章弘、岳釧庚、藤本剛史、北村圭一
2. 発表標題 レーザー加熱バブルと垂直衝撃波により生成された渦輪列の挙動
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jiaxi Wei、福島 岳、小川 真吾、中村 友祐、佐宗 章弘
2. 発表標題 衝撃波と対向ジェット噴流の干渉実験
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山内 優果、渡邊 智昭、長田 孝二、佐宗 章弘
2. 発表標題 圧縮性格子乱流の直接数値計算
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐宗章弘
2. 発表標題 衝撃波 - 乱流干渉：干渉距離効果は何を意味するか？
3. 学会等名 令和元年度航空宇宙空力シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐宗章弘
2. 発表標題 Experimental Riemann Solver
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐宗章弘
2. 発表標題 Experimantal Riemann Solver
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋岳、小川真吾、Wei Jiayi、萩原淳、中村友祐、佐宗章弘
2. 発表標題 乱流との干渉による衝撃波面消失モデル
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 小川真吾, 福嶋岳, Wei Jiayi, 萩原淳, 中村友祐, 佐宗章弘
2. 発表標題 前方流速誘起による衝撃波強度の低減
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wei Jiayi, 福嶋岳, 小川真吾, 萩原淳, 中村友祐, 佐宗章弘
2. 発表標題 対向噴流による衝撃波形態の変化に関する研究
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岩川 輝  (Iwakawa Aki ra)  (70733236)	名古屋大学・工学研究科・講師    (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------